Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 22-35 (Research Article)
DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.74732

پژوهش‌های حبوبات ایران
سال(دوره)۱۱ شمارهٔ۲، نیمهٔ دوّم ۱۳۹۹
صفحهٔ ۳۵-۲۲، نوع مقاله: پژوهشی

ارزیابی شاخص‌های عملکرد و نسبت برابری زمین انواع لوبیا در کشت مخلوط ردیفی با خیارسبز

قربانعلی اسدی[1*]، سرور خرم‌دل[2]، محمدجواد مصطفوی[3] و مینا هوشمند[3]

۱- دانشیار علوم علف‌های‌هرز، عضو هیئت علمی گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار اکولوژی گیاهان زراعی، عضو هیئت علمی گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- دانشجویان دکتری اگرواکولوژی، گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد؛
به‌ترتیب mj.mostafavi@mail.um.ac.ir و hooshmand.mina@mail.um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۶/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۰/۰۶

چکیده

کشت مخلوط از جمله راهکارهای دستیابی به کشاورزی پایدار است. به‌منظور مطالعه شاخص‌های عملکرد و اجزای عملکرد و نسبت برابری زمین جزئی انواع مختلف لوبیا در کشت مخلوط، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. تیمارهای آزمایش عبارت از کشت خالص چهار نوع لوبیا شامل چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*)، چیتی، قرمز و سبز (*Phaseolus vulgaris*) و کشت مخلوط هر کدام از آن‌ها با خیارسبز (*Cucumis sativus*) بود. یافته‌ها نشان داد که تعداد شاخه‌های جانبی لوبیاهای دانه‌ای از کشت مخلوط تأثیری نپذیرفت، اما سبب افزایش طول ساقه لوبیاچشم‌بلبلی شد. کشت مخلوط تعداد و وزن غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن شاخساره (ساقه و برگ بوته) و وزن کل بوته لوبیاها را بهبود داد. وزن۱۰۰دانه انواع لوبیا با هم تفاوت معنی‌داری داشت، اما اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای کشت خالص و مخلوط آن‌ها مشاهده نشد. همچنین، بیشترین عملکرد زیست‌توده و اقتصادی در تیمارهای کشت خالص ثبت شد که به‌جز در لوبیاقرمز (به‌ترتیب ۱۵۴۹ و ۸۷۷ کیلوگرم در هکتار)، اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. شاخص برابری زمین جزئی تمامی انواع لوبیا بهبود یافت که نشان‌دهنده سودمندی نسبی کشت مخلوط برای لوبیاهای مورد مطالعه بود. این شاخص در لوبیاسبز (۰/۶۹) بیشترین و در لوبیاقرمز کمترین مقدار (۰/۵۲) را داشت. مقایسه گروهی عملکردهای متعادل شده انواع لوبیا نیز حاکی از اختلاف معنی‌دار کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بود. بنابراین می‌توان کشت مخلوط لوبیا با خیارسبز را به‌عنوان راهکاری پایدار در جهت فشرده‌سازی اکولوژیک تولید این محصولات پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: تولید پایدار، رقابت درون‌گونه‌ای، فشرده‌سازی اکولوژیک، لوبیاسبز، هم‌افزایی

مقدمه

پیش‌بینی شده است که تا میانه‌های قرن کنونی، جمعیت جهان به بیش از ۹ میلیارد نفر برسد (Martin-Guay *et al.*, 2018). افزایش تقاضا برای غذا توسط جمعیت رو به رشد جهان مخاطراتی نظیر تخریب منابع طبیعی و تغییر کاربری زمین را به وجود آورده است که توسعه کشاورزی و تولید غذای بیشتر و در نتیجه تأمین و حفظ امنیت غذایی را تهدید می‌کند (Moreira *et al.*, 2018). تا به امروز، اگرچه فشرده‌سازی رایج تولید غذا با استفاده از تجهیزات مختلف و نهاده‌های شیمیایی توانسته است نیاز عمده تولید غذا را برطرف کند، اما مخاطراتی که بر اثر این فشرده‌سازی برای محیط زیست به‌وجود آورده است، ادامه روند قبلی را به‌خصوص در شرایط تغییر اقلیم و ازدست‌رفتن تنوع زیستی، آبشویی عناصر غذایی، آلودگی منابع و ازبین‌رفتن اکوسیستم‌های خاکی و آبی و انتشار بی‌رویه گازهای گلخانه‌ای ناممکن ساخته است (Ghimire *et al.*, 2017; Tittonell, 2014). بنابراین روند کنونی کشاورزی رایج برای تأمین نیازهای کنونی و آینده تغذیه‌ای بشر به هیچ عنوان پایدار نیست. توسعه فعالیت‌های کشاورزی برای افزایش عرضه غذا در شرایط چالش‌برانگیز محدودیت آب و زمین‌های مساعد در دسترس و قابل کشت و همچنین افزایش بی‌رویه قیمت جهانی نهاده‌ها لزوم تجدیدنظر در دیدگاه‌های غالب و همچنین حرکت به سوی کشاورزی پایدار را برجسته می‌کند (Altieri, 2018). از جمله راهکارهای مورد توجه در این زمینه، فشرده‌سازی اکولوژیک تولید غذا با استفاده از کشت مخلوط است.

کشت مخلوط گیاهان زراعی به‌صورت «سیستم تولید دو یا چند محصول در یک قطعه زمین در زمان‌های کمابیش همزمان (کاملاً همزمان، تأخیری و متوالی)» تعریف می‌شود

*نویسنده مسئول: asadi@um.ac.ir

(Lepse *et al.*, 2018). این شیوه مدیریتی یکی از جنبه‌های مهم کشاورزی پایدار است که با افزایش تنوع اکولوژیک موجب استفاده کارآتر از منابعی همچون زمین، نور و آب، کاهش آسیب‌پذیری در برابر بیماری‌ها، ارتقای فعالیت‌های میکروبی خاک، بهبود عملکرد محصولات و افزایش ثبات نظام‌های کشاورزی می‌شود (Amiri *et al.*, 2016; Wang *et al.*, 2016). در پژوهشی بهره‌وری و کارآیی استفاده از نهاده‌های مختلف در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) ارزیابی و گزارش شد که کارآیی‌های جذب، مصرف و بهره‌وری نور، آب و نیتروژن در کشت مخلوط ذرت نسبت به کشت خالص گونه‌ها افزایش قابل توجه و معنی‌داری داشت و از سوی دیگر، در تمامی تیمارهای کشت مخلوط گونه‌ها، کارآیی جذب و مصرف نور بیشتر از کشت خالص بود و نسبت برابری زمین نیز در تیمارهای کشت مخلوط افزایش یافت که حاکی از برتری کشت مخلوط بر کشت خالص است (Rafe'ee, 2016).

حبوبات منبع مهم پروتئین‌های گیاهی هستند. لوبیا نیز به‌عنوان گیاهی مهم از خانواده حبوبات، به دلیل دارابودن پروتئین بالا و توانایی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن ارزش غذایی و زراعی قابل توجهی دارد. حبوبات از طریق همزیستی با میکروارگانیسم‌های تثبیت‌کننده نیتروژن قادرند نیتروژن مورد نیاز خود و گیاهان مجاور خود را تأمین کنند (Rafiiolhossaini *et al.*, 2016; Piroozi *et al.*, 2014)، از این رو کاشت گونه‌ها و تیپ‌های مختلف رشدی این گیاه در سیستم‌های کشاورزی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. کشت مخلوط لوبیا با سایر گیاهان زراعی می‌تواند منجر به رفع و کاهش نیاز به مصرف کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنه شود که یکی از اهداف دستیابی به اصول کشاورزی پایدار در مدیریت سیستم‌های زراعی است. یافته‌های Ziyaee *et al*, (2015) نشان داد که کشت مخلوط ذرت و لوبیاچیتی و همچنین ذرت و لوبیاسبز سبب افزایش ۱۳ و ۲۱ درصدی نسبت برابری زمین شد. این پژوهشگران همچنین گزارش کردند که نسبت برابری زمین در مخلوط ذرت و لوبیاسفید (*Phaseolus sp.*) و مخلوط لوبیا و لوبیاخنجری (*Phaseolus sp.*) ۱۱ و ۲۵ درصد کاهش یافت و توصیه کردند که در کشت مخلوط بایستی به انتخاب گونه‌های مخلوط توجه شود، تا با پرهیز از ایجاد رقابت بین‌گونه‌ای، هم‌افزایی گونه‌ها تظاهر یابد و بهبود استفاده از منابع و در نتیجه افزایش رشد و عملکرد گونه‌های مخلوط را در پی داشته باشد.

حبوبات به‌دلیل نداشتن صفات رقابتی مناسبی همچون سرعت کم رشد اولیه و ارتفاع و سطح برگ نسبتاً پایین، در مواجهه با علف‌های هرز توان رقابتی کمی دارند. بنابراین رقابت علف‌های هرز با آن‌ها در این مرحله می‌تواند کاهش رشد و عملکرد را در پی داشته باشد (Kamali and Edalat, 2017). از این رو کشت مخلوط حبوبات با گیاهانی مثل گیاهان خانواده کدوئیان که سطح زمین را به سرعت پوشش می‌دهند، علاوه بر اثرات مثبتی که حبوبات برای آن‌ها به همراه دارد، می‌تواند موجب بهبود شرایط رشدی حبوبات در نتیجه کاهش تراکم و رقابت علف‌های هرز و حفظ رطوبت و کاهش دمای سطحی خاک شود (Amiri *et al.*, 2016; Kamali & Edalat, 2017; Liu *et al.*, 2018). یافته‌های پژوهشی در زمینه ارزیابی کشت مخلوط ذرت در تراکم‌های مختلف کدوحلوایی (*Cucurbita pepo* L.) حاکی از این بود که تیمارهای کشت مخلوط کارآیی استفاده از منابع بیشتری را همزمان با کاهش رشد علف‌های هرز داشتند که موجب افزایش عملکرد ذرت و بهبود نسبت برابری زمین جزئی این گیاه زراعی شد (Fujiyushi, 1998). بنابراین با توجه به فواید کشت مخلوط برای تمام گونه‌های مخلوط، هدف از اجرای این تحقیق بررسی اثر کشت مخلوط ردیفی با خیارسبز بر اجزای عملکرد و عملکرد و نسبت برابری زمین انواع مختلف رشدی لوبیا شامل چشم‌بلبلی، چیتی، قرمز و لوبیاسبز بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل کشت لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*)، لوبیاچیتی (*Phaseolus vulgaris* L. pinto group)، لوبیاقرمز (*Phaseolus vulgaris* L. kidney group)، و لوبیاسبز (*Phaseolus vulgaris* L.) به‌صورت خالص و کشت مخلوط ردیفی جایگزینی با نسبت ۱:۱ با خیارسبز بود. ارقام مورد استفاده شامل لوبیاچشم‌بلبلی رقم مشهد، لوبیاچیتی رقم تلاش، لوبیاقرمز رقم اختر، لوبیاسبز رقم سانری و خیار رقم هیبرید سوپر دومینوس سمینیس[۱] بود.

زمین مورد استفاده، به مدت یک‌سال تا قبل از اجرای آزمایش تحت آیش بود. در اردیبهشت ۱۳۹۵ و قبل از عملیات کشت، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، نمونه‌برداری با استفاده از آگر تا عمق ۳۰ سانتی‌متری انجام و نمونه به آزمایشگاه خاک ارسال شد (جدول ۱).

[۱] Super Dominus® Seminis™

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) محل اجرای آزمایش
Table 1. Soil physical and chemical characteristics of field (0-30 cm depth)

بافت Texture	هدایت الکتریکی EC ($dS.m^{-1}$)	شاخص واکنش pH	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total N (%)	فسفر قابل دسترس Available P ($mg\ Kg^{-1}$)	پتاسیم قابل دسترس Available K ($mg\ Kg^{-1}$)
لوم سیلتی Silty loam	1.71	7.68	0.68	0.068	47.3	355

عملیات آماده‌سازی زمین و تهیه بستر کاشت با استفاده از گاوآهن برگردان‌دار و دوبار دیسک عمودبرهم انجام شد که پس از ایجاد ردیف‌هایی ۱۲۰ سانتی‌متری توسط فاروئر، کرت‌بندی به‌صورت دستی انجام شد. کرت‌هایی با عرض شِش متر و طول سه متر ایجاد و فاصله بین دو کرت مجاور و همچنین فاصله بین بلوک‌ها به‌ترتیب یک و دو متر در نظر گرفته شد. کاشت هر دو گیاه خیارسبز و انواع مختلف لوبیا پس از آماده‌سازی زمین، به صورت دستی انجام شد. تراکم کاشت برای تیمارهای خالص لوبیا ۱۸۰ بوته در مترمربع بود که در تیمارهای مخلوط جایگزینی، یکی از دو ردیف کشت روی ردیف به خیارسبز و با فاصله روی ردیف ۳۰ سانتی‌متر اختصاص داده شد (تراکم ۹۰ بوته در مترمربع). اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و با هدف تسهیل در خروج گیاهچه‌ها از خاک، دومین آبیاری سه روز پس از کاشت انجام شد و پس از آن دور آبیاری به‌صورت هفت روزه بود. وجین علف‌های هرز مستمراً و تا بسته‌شدن کانوپی تا حدود ۵۰ روز پس از کاشت به‌صورت دستی انجام شد. در طول فصل رشد مزرعه با هیچ آفت و بیماری مواجه نشد، بنابراین از هیچ گونه علف‌کش و یا سموم دیگری استفاده نشد.

شاخص‌های مورد مطالعه برای لوبیاهای دانه‌ای (لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاچیتی و قرمز) شامل تعداد شاخه‌های جانبی، طول شاخه اصلی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن غلاف در بوته، وزن شاخساره (وزن کل اندام هوایی منهای غلاف‌ها)، وزن کل گیاه (وزن کل اندام هوایی)، وزن دانه در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن۱۰۰دانه بود که در پایان فصل و پس از رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها (زرد شدن غلاف‌ها)، از پنج بوته که به‌صورت تصادفی انتخاب شده بودند اندازه‌گیری شدند. همچنین لوبیاهای دانه‌ای پس از حذف اثر حاشیه‌ای و کف‌برنمودن کل بوته‌ها از سطح چهار مترمربع، در دمای ۵۵درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت در آون‌خشک شدند، سپس با استفاده از ترازوی دیجیتال آزمایشگاهی با دقت ۰/۱گرم توزین شدند و در نهایت عملکرد بیولوژیک و اقتصادی و شاخص برداشت محاسبه شد. شاخص‌های مورد بررسی برای لوبیاسبز شامل تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد اقتصادی (مجموع وزن غلاف تازه برداشت شده در طی فصل رشد در واحد هکتار) بود. برداشت غلاف‌های لوبیاسبز به‌صورت مداوم در طول فصل رشد و هربار پس از توقف رشد غلاف و قبل از سفت شدن دانه‌ها، پس از حذف اثر حاشیه‌ای، از کل کرت انجام شد. آخرین برداشت لوبیاسبز همزمان با برداشت لوبیاهای دانه‌ای در پایان فصل در تاریخ ۲۰ شهریور انجام شد. نسبت برابری زمین جزئی برای لوبیا (LER_{bean}) با استفاده از معادله ۱ محاسبه شد (Esfahani *et al.*, 2017):

$$LER_{bean} = Y_I / Y_S \quad \text{(۱) معادله}$$

که در آن، Y_I عملکرد لوبیا در کشت مخلوط و Y_S عملکرد لوبیا در کشت خالص است. با توجه به نوع جایگزینی کشت مخلوط و نسبت ۱:۱ گونه‌های متفاوت لوبیا و خیارسبز در تیمارهای کشت مخلوط، $LER_{bean} = 0.5$ به‌عنوان حد عدم تأثیرپذیری گیاهان از تیمارهای کشت مخلوط در نظر گرفته شد. در پایان، برای تجزیه و تحلیل داده‌ها (و مقایسات گروهی) و رسم شکل‌ها از نرم‌افزارهای SAS v.9.2 و MS Excel 2016 و برای مقایسات میانگین از آزمون چنددامنه‌ای دانکن (DMRT) در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. به دلیل این‌که شاخص‌های تعداد دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه و عملکرد اقتصادی بین هشت تیمار شامل چهار تیمار کشت خالص لوبیاهای دانه‌ای و سبز و چهار تیمار کشت مخلوط آن‌ها با خیار مشترک بود و سایر شاخص‌های اندازه‌گیری‌شده تنها به تیمارهای لوبیای دانه ای اختصاص داشت (شِش تیمار شامل تیمار کشت خالص لوبیاهای دانه‌ای و چهار تیمار کشت مخلوط آن‌ها با خیار)، تجزیه آماری آن شاخص‌ها به‌صورت جداگانه انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که به‌جز تعداد شاخه‌های جانبی، اختلاف معنی‌داری بین تیمارها در سایر شاخص‌های مورد مطالعه شامل طول شاخه اصلی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن غلاف‌ها، وزن شاخساره، وزن کل بوته، تعداد دانه در بوته، وزن دانه در بوته، وزن۱۰۰دانه، عملکرد زیست‌توده، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت انواع لوبیا وجود داشت (جدول ۲a و ۲b).

جدول ۲a- تجزیه واریانس صفات انواع لوبیا در کشت خالص و سری‌های جایگزینی کشت مخلوط با خیارسبز

Table 2a. ANOVA for the characteristics of different types of bean in sole culture and replacement intercropping with cucumber

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares						
		تعداد شاخه‌های جانبی Number of sub-branches	طول شاخه اصلی Stem length	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	وزن غلاف در بوته Pods weight per plant	وزن شاخساره Shrub weight	وزن کل بوته Plant weight
بلوک Block	2	0.321^{ns}	356.04^{ns}	0.82^{ns}	0.4^{ns}	84.01*	73.94^{ns}	250.53^{ns}
تیمار Treatment	5	0.134^{ns}	14639.27**	606.57**	34.58**	624.18**	322347**	344106.6**
خطا Error	10	0.229	367.64	10.1	0.66	13.22	1891.6	1832.53
CV (%)		10.1	13.57	9.97	13.24	10.35	11.76	10.57

ns، * و ** به‌ترتیب به معنای غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد است.

ns, * and ** means ‘not significant’ and significant at probability levels of 5 and 1 percent, respectively.

تعداد شاخه‌های جانبی و طول شاخه اصلی: اگرچه تعداد شاخه‌های جانبی در گونه‌های مختلف لوبیا متفاوت است، اما در این آزمایش اختلاف معنی‌داری بین لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاچیتی و لوبیاقرمز، چه در کشت خالص و چه کشت مخلوط مشاهده نشد (جدول ۳). Koocheki *et al,* (2014) ضمن مطالعه بررسی شاخص‌های عملکردی سه گیاه نخود، لوبیا و سیاهدانه در کشت مخلوط جایگزینی گزارش کردند که تعداد شاخه‌های جانبی در هیچ یک از گیاهان مورد بررسی و نیز تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند که با یافته‌های این پژوهش همخوانی دارد.

طول شاخه اصلی در بین تیمارهای آزمایش با هم تفاوت داشت که از میان آن‌ها بیشترین طول در تیمارهای کشت خالص و مخلوط لوبیاچشم‌بلبلی (به‌ترتیب ۲۵۹/۵۳ و ۱۹۴/۶۷ سانتی‌متر) ثبت شد که با هم و نیز با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. طول شاخه اصلی در هیچ یک از تیمارهای کشت خالص و مخلوط لوبیاچیتی و قرمز اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشت و به‌طور میانگین برابر با ۹۸/۳ سانتی‌متر بود (میانگین داده‌ها نمایش داده نشده است).

جدول ۲b- تجزیه واریانس صفات انواع لوبیا در کشت خالص و کشت مخلوط جایگزینی با خیارسبز

Table 2b. ANOVA for the characteristics of bean ecotypes in sole culture and replacement intercropping with cucumber

منبع تغییرات SOV	میانگین مربعات Mean of squares					
	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن دانه در بوته Seed weight per plant	وزن۱۰۰دانه 100-Seed weight	عملکرد زیست‌توده Biomass yield	عملکرد اقتصادی Economic yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	(2) 397.01^{ns}	(2) 30.48^{ns}	(2) 6.66^{ns}	(2) 639442.5^{ns}	(2) 36960^{ns}	(2) 16.92^{ns}
تیمار Treatment	(7) 9333.6**	(5) 376.44**	(7) 165.71**	(5) 59861724**	(7) 30583112**	(5) 15.67*
خطا Error	(14) 401	(10) 1.81	(14) 3.62	(10) 165806.2	(14) 19909.7	(10) 3.1
CV (%)	11.11	13.04	5.83	9.77	14.95	5.64

اعداد داخل پرانتز، درجه آزادی منبع تغییرات هستند.

ns، * و **: به‌ترتیب به معنای غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد است.

Numbers into parentheses are df of SOV.
ns, * and ** means ‘not significant’ and significant at probability levels of 5% and 1%, respectively.

در جوامع گیاهی رقابت برای دریافت نور از مهم‌ترین عوامل تغییردهنده ارتفاع گیاهان است و این رقابت برای دریافت نور در کشت مخلوط هم مشاهده می‌شود، اما در طراحی بوم‌نظام‌های کشت مخلوط، این رقابت به نحوی

مدیریت می‌شود که موجب کاهش شاخص‌های رشدی و عملکرد نشود (Liu *et al.*, 2018). یافته‌های پژوهش‌های دیگری نیز یافته‌های این مطالعه را درباره افزایش ارتفاع لوبیا در کشت مخلوط تأیید می‌کنند (Nasrollahzadeh Asl *et al.*, 2012a; Nasrollahzadeh Asl *et al.*, 2012b) و این امر را رقابت برای نور، استفاده لوبیا از گونه دیگر مخلوط به‌عنوان قیم برای رشد و نیز، تحریک رشد رویشی در تیمارهای کشت مخلوط می‌دانند.

تعداد دانه و وزن غلاف: مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار کشت مخلوط لوبیاقرمز با خیارسبز به‌دست آمد (۵۵/۴ عدد) که با کشت خالص آن (۳۸/۷ عدد) و همچنین کشت مخلوط لوبیاچیتی (۳۴/۳ عدد) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳). کمترین تعداد غلاف در بوته (۱۵/۸ عدد) نیز به کشت خالص لوبیاچشم‌بلبلی اختصاص داشت که با تیمار کشت خالص لوبیاچشم‌بلبلی (۲۲ عدد) و همچنین سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. در تمامی تیمارها، کشت مخلوط لوبیاهای مختلف تعداد بیشتر غلاف در بوته نسبت به کشت خالص آن‌ها داشت که این اختلاف‌ها نسبت به هم معنی‌دار بود. یافته‌های مشابهی در این زمینه توسط Hossein Pour *et al*, (2016) برای ارقام مختلف لوبیاسبز در تیمارهای کشت مخلوط با ذرت و توسط Noorbakhsh *et al*, (2015) برای لوبیای معمولی در کشت مخلوط با کنجد (*Sesamum indicum*) گزارش شده است که نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط برای لوبیا در تحریک تولید اندام‌های زایشی و در نتیجه بهبود اجزای عملکرد است. یافته مشابهی دیگری نیز درباره تأثیر کشت مخلوط نخود با زعفران گزارش شده است، به نحوی که کمترین تعداد غلاف بر بوته در تیمار کشت خالص نخود به‌دست آمد (Asadi *et al.*, 2016). همچنین در پژوهش‌های دیگری از جمله پژوهش Moradi *et al*, (2016) نشان داده شده است که تعداد غلاف در بوته لوبیا در تیمارهای کشت مخلوط کمتر از تیمارهای کشت خالص بوده است. یافته‌های پژوهشگران مذکور به‌دلیل افزایش رقابت بین‌گونه‌ای در تیمارهای کشت مخلوط لوبیاچیتی با کدو پوست‌کاغذی (*Cucurbita pepo* L. var. Styriaca) و ذرت بود که با تأثیر کاهنده بر تعداد گل‌های بارور لوبیاچیتی، تعداد غلاف‌های کمتری نیز ایجاد شد. بنابراین به نظر می‌رسد مدیریت تراکم گیاهی و همچنین انتخاب گونه‌های مخلوط بایستی به گونه‌ای انجام پذیرد که موجب ایجاد رقابت بین‌گونه‌ای و کاهش رشد و عملکرد گونه یا گونه‌های دیگر در کشت مخلوط نگردد (Liu *et al.*, 2018; Moradi *et al*, 2016; Hossein Pour *et al.*, 2016). در آزمایشی دیگر که به بررسی شاخص‌های عملکردی عدس در کشت مخلوط پرداخته شده بود، نشان داده شد که به‌طور کلی تعداد و وزن غلاف در بوته در تیمارهای کشت مخلوط این گیاه با جو از کشت خالص بیشتر بود (Khalaf, 2015).

جدول ۳- برخی صفات انواع لوبیا در کشت خالص و کشت مخلوط جایگزینی با خیارسبز

Table 3. Characteristics of different types of bean in sole culture and replacement intercropping with cucumber

تیمارها Treatments		تعداد شاخه‌های جانبی Number of sub-branches	طول شاخه اصلی (سانتی‌متر) Stem length (cm)	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	تعداد دانه در بوته Number of seeds per plant	وزن دانه در بوته (گرم) Seeds weight per plant (g)	شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)
لوبیاچشم‌بلبلی Black-eyed pea	SC	5.12 a	259.53 a	15.8 d	194.3 bc	42.33 c	27.97 bc
	IC	4.7 a	194.67 b	22 c	246.3 a	48.66 bc	32.3 ab
لوبیاچیتی Pinto bean	SC	4.47 a	90.2 c	24.8 c	94.4 d	40.55 c	30.71 abc
	IC	4.8 a	97.33 c	34.3 b	160.5 c	56.87 b	27.47 c
لوبیاقرمز Kidney bean	SC	4.73 a	108.67 c	38.7 b	121.1 d	45.3 bc	33.81 a
	IC	4.6 a	97 c	55.4 a	245.1 a	97.27 a	32.88 ab
لوبیاسبز Green bean	SC	-	-	-	217.8 ab	-	-
	IC	-	-	-	161.9 c	-	-

SC و IC به‌ترتیب به معنای کشت خالص و کشت مخلوط است.

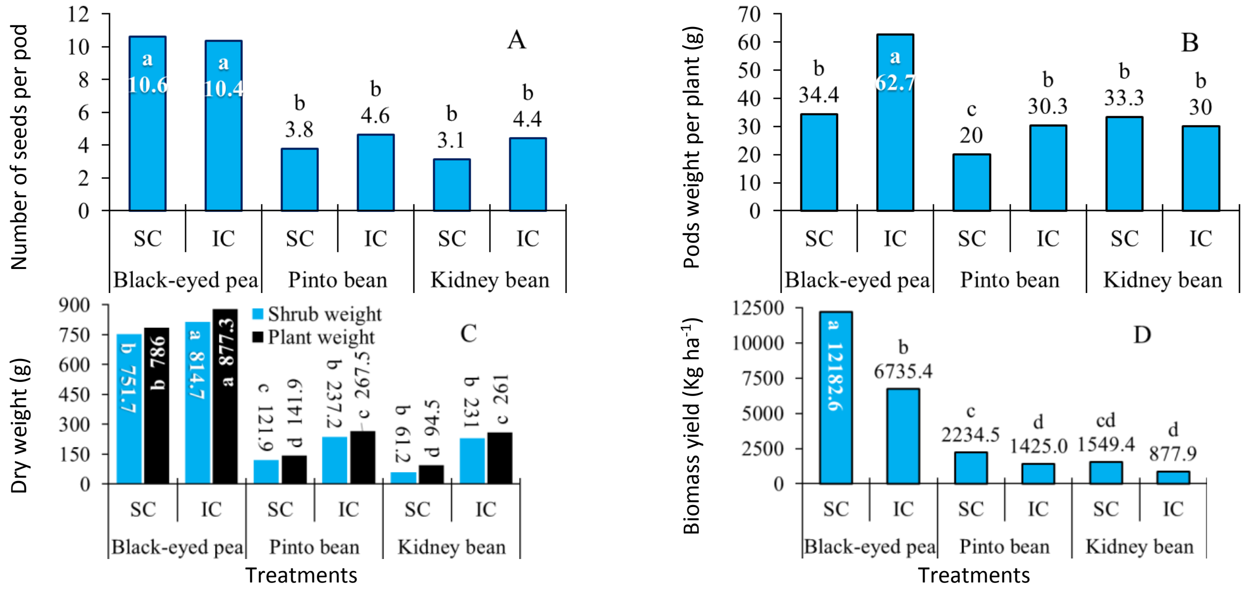
در هر ستون داده، اعداد دارای حروف مشابه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (DMRT p≤0.05).

SC and IC mean ‘Sole culture’ and ‘Intercropping’, respectively.

In every data column, the numbers that share letters, have not significant difference at probability level of five percent (DMRT p≤0.05).

برخلاف شاخص تعداد غلاف در بوته، بیشترین تعداد دانه در غلاف در کشت‌های خالص و مخلوط لوبیاچشم‌بلبلی (به‌ترتیب ۱۰/۶ و ۱۰/۴ عدد) ثبت شد که با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند، اما با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت. مقادیر این شاخص برای کشت خالص و مخلوط لوبیاچیتی به‌ترتیب برابر با ۳/۸ و ۴/۶ غلاف در بوته و لوبیاقرمز ۳/۱ و ۴/۴ غلاف در بوته بود که اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۱:A). نتایج پژوهش Asadi *et al*, (2017) که به بررسی تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین و ارقام مختلف لوبیا (چشم‌بلبلی، چیتی، سفید و محلی) پرداخته بودند، نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمار کشت مخلوط لوبیاچشم‌بلبلی و پس از آن در کشت خالص این گیاه به‌دست آمد که مشابه با یافته‌های پژوهش حاضر، اختلاف معنی‌داری با هم داشتند. از طرفی این محققان گزارش کردند که کمترین تعداد دانه در غلاف در تیمارهای مختلف لوبیاچیتی و سفید به‌دست آمد.

Piroozi *et al*, (2014) گزارش کردند که تیمار کشت خالص لوبیای معمولی در مقایسه با تیمارهای کشت مخلوط این گیاه با ذرت بیشترین تعداد غلاف در بوته و کمترین تعداد دانه در غلاف را داشت. صفات غلاف در بوته و دانه در غلاف شاخص‌هایی مهم در عملکرد دانه حبوبات است که اگرچه صفاتی ژنتیکی هستند اما تنش‌های محیطی می‌توانند آن‌ها را کاهش دهند (Rafiiolhossaini *et al*., 2016). کشت مخلوط می‌تواند با ایجاد تعادل اکولوژیک موجب پوشش مناسب‌تر زمین در مقایسه با تک‌کشتی شود و علاوه بر آن موجب کنترل علف‌های هرز، حفظ بهتر رطوبت و کاهش دمای کانوپی و خاک شود و از تأثیر تنش‌های محیطی بر گونه‌های مخلوط بکاهد و یا مانع از اثرگذاری آن‌ها شود (Nakhzari *et al*., 2016; Lamei Harvani, 2013; Eskandari & Alizadeh-Amraei, 2015). بنابراین به نظر می‌رسد بهبود شرایط رشد در تیمارهای کشت مخلوط موجب بهبود شاخص های تعداد غلاف و دانه در بوته و یا عدم کاهش آن‌ها در این تیمارها نسبت به تیمارهای کشت خالص شود.



شکل ۱- تعداد دانه در غلاف (A)، وزن غلاف در بوته (B)، وزن شاخساره و کل بوته (C) و عملکرد زیست‌توده (D) لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاچیتی و لوبیاقرمز در کشت خالص (SC) و کشت مخلوط با خیارسبز (IC)

هر سری از میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (DMRT p≤0.05).

Fig. 1. Number of seeds per pod (A), pods weight per plant (B), shrub and plant weight (C) and biomass yield (D) of black-eyed pea, pinto bean and kidney bean in sole culture (SC) and intercropping with cucumber (IC)

Every mean series that share letters, have not significant difference on probability level of five percent (DMRT p≤0.05).

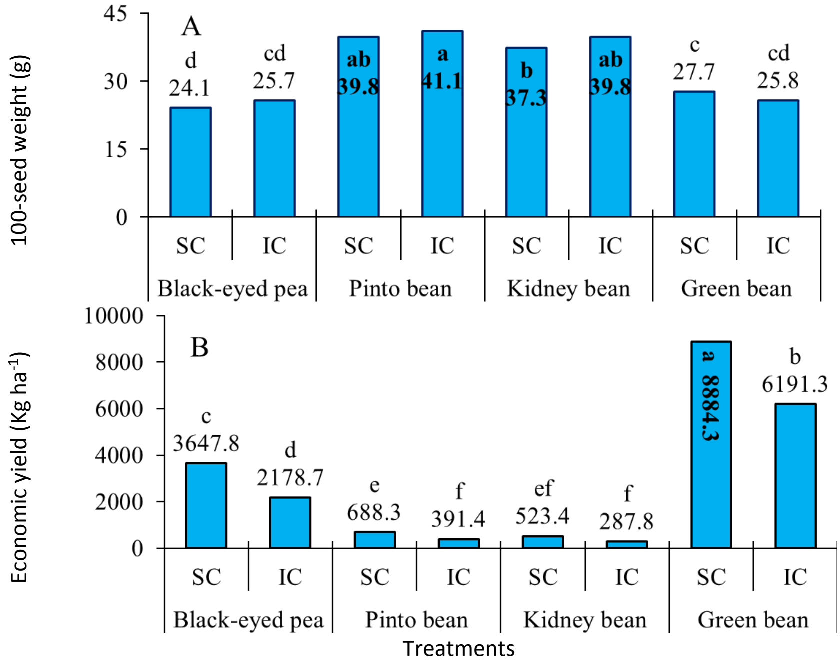
نتایج نشان داد که صفت وزن غلاف در بوته روند متفاوتی نسبت به تعداد غلاف در بوته داشت. بر این اساس، بیشترین وزن غلاف در بوته به کشت مخلوط لوبیاچشم‌بلبلی با ۶۲/۷گرم اختصاص داشت که اختلاف معنی‌داری با کشت خالص این گیاه (۳۴/۴ گرم) و همچنین کشت‌های خالص و مخلوط لوبیاچیتی و قرمز داشت (شکل 1:B). همچنین کشت مخلوط لوبیاچیتی با خیارسبز باعث افزایش معنی‌دار ۵۱/۵ درصدی وزن غلاف در بوته نسبت به کشت خالص شد، اما اختلاف لوبیاقرمز در کشت خالص و مخلوط معنی‌دار نبود. با مقایسه نتایج تعداد غلاف در بوته و مقایسه با وزن غلاف در بوته، چنین به نظر می‌رسد که اختلاف معنی‌دار بین کشت خالص و مخلوط لوبیاچشم‌بلبلی و لوبیاچیتی در هر دو شاخص مورد بررسی ظهور پیدا کرده است، اما این امر در مورد لوبیاقرمز مشاهده نشد، به گونه‌ای که تعداد بیشتر و اختلاف معنی‌دار کشت مخلوط لوبیاقرمز سبب افزایش وزن غلاف در بوته نشد (جدول۳ و شکل 1:B). دلیل این امر را می‌توان با توجه به مشاهدات مزرعه‌ای، به ضخامت کمتر پوشش غلاف در تیمار کشت خالص لوبیاقرمز نسبت به کشت خالص این گیاه نسبت داد.

وزن شاخساره و وزن کل بوته: وزن شاخساره (وزن اندام هوایی منهای غلاف‌ها) و وزن کل بوته (کل اندام هوایی) روند مشابهی داشتند و بیشترین مقادیر این دو شاخص به‌ترتیب به میزان ۸۱۴/۷ گرم و ۸۷۷/۳ گرم در تیمار کشت مخلوط لوبیاچشم‌بلبلی مشاهده شد که با کشت خالص این گیاه و نیز سایر تیمارها اختلاف‌های معنی‌داری داشتند. همچنین شاخص های وزن شاخساره و وزن کل بوته در تیمارهای کشت مخلوط مربوط به هر سه گیاه لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاچیتی و لوبیاقرمز اختلافات معنی‌داری با کشت خالص آن گیاهان داشت (شکل 1:C). وزن شاخساره و وزن کل بوته تشکیل‌دهنده عملکرد زیست‌توده گیاه است. بنابراین انتظار می‌رود در شرایط یکسان تراکم گیاهی، بیشترین عملکرد زیست‌توده در تیمارهایی به‌دست آید که بیشترین وزن شاخساره و کل بوته بیشتری را داشته‌اند. درصد افزایش وزن شاخساره و وزن کل بوته در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در لوبیاقرمز به‌ترتیب ۲۷۶/۲ و ۳۷۷/۴ درصد بود که بسیار قابل توجه بود. این نسبت‌ها برای لوبیاچشم‌بلبلی ۱۱۱/۶ و ۱۰۸/۳ درصد و برای لوبیاچیتی ۱۸۸/۵ و ۱۹۴/۵ درصد بود. یافته‌های Khalaf (2016) درمورد گیاه عدس نیز تأییدکننده یافته‌های حاضر است.

تعداد دانه در بوته و وزن دانه در بوته: تعداد دانه در بوته در تیمارهای کشت مخلوط لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاچیتی و لوبیاقرمز مقادیر بیشتر و اختلاف معنی‌داری را در مقایسه با تیمارهای کشت خالص این گیاهان داشت، اما درمورد لوبیاسبز، روندی معکوس مشاهده شد، به گونه‌ای که بیشترین تعداد دانه در بوته (۲۱۷/۸ دانه در بوته) در تیمار کشت خالص ثبت شد که با تیمار کشت مخلوط این گیاه (۱۶۱/۹ دانه در بوته) اختلاف معنی‌داری داشت. از آن‌جا که لوبیاسبز مصرف تازه‌خوری دارد و در هنگام برداشت، دانه‌های آن نارس هستند، استفاده خوراکی کمتری از دانه‌های رسیده و خشک آن انجام می‌شود. شاخص وزن دانه در بوته (وزن خشک) تنها برای سه نوع دانه‌ای لوبیا شامل چشم‌بلبلی، چیتی و قرمز اندازه‌گیری شد. چنان که انتظار می‌رفت، روندی مشابه با تعداد دانه در بوته، در مورد شاخص وزن دانه در بوته نیز وجود داشت و تیمارهای کشت مخلوط هرکدام از لوبیاها به نحو معنی‌داری وزن دانه در بوته بیشتری را نسبت به کشت خالص خود داشتند. به عقیده Lak *et al*, (2013) از آنجا که تعداد و وزن دانه در بوته تابع تعداد و وزن غلاف در بوته و همچنین تعداد و وزن دانه در غلاف است، تغییرات تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف موجب تغییرات همسویی در تعداد و وزن دانه در بوته می‌شود که دلیل روند مشابه در شاخص‌های تعداد و وزن دانه در بوته را می‌توان به این امر نسبت داد. نتایج حاصل از پژوهش Nasrollahzadeh Asl *et al*, (2012a) یافته‌های اخیر را تأیید می‌کند.

وزن۱۰۰دانه: اگرچه اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف آزمایش از نظر این صفت وجود داشت که ناشی از وزن متفاوت دانه در انواع مختلف لوبیا است، اختلاف معنی‌داری بین کشت خالص و مخلوط لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاچیتی و لوبیاقرمز مشاهده نشد (شکل 2:A). Nasrollah Zadeh Asl *et al*, (2012b) در پژوهشی به مطالعه کشت مخلوط سیب‌زمینی و لوبیاچیتی پرداخته و با بیان نتایجی مشابه با یافته‌های این آزمایش، ابراز داشتند که بین هیچ یک از تیمارهای کشت خالص و مخلوط لوبیاچیتی از لحاظ وزن۱۰۰دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. محققان دلیل این امر را تأثیرپذیری عمده ارقام لوبیا از ژنوتیپ بیان کردند که تحت تأثیر کشت مخلوط قرار نمی‌گیرد.

عملکرد زیست‌توده، عملکرد اقتصادی و شاخص برداشت: بالاترین عملکرد زیست‌توده به تیمار کشت خالص لوبیاچشم‌بلبلی مربوط بود (۱۲۱۸۲/۶ کیلوگرم در هکتار) که با تیمار کشت مخلوط این گیاه با خیارسبز (۶۷۳۵/۴ کیلوگرم در هکتار) و همچنین سایر تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری داشت. از طرفی، بیشترین مقادیر این شاخص برای لوبیاچیتی و لوبیاقرمز در تیمارهای کشت خالص آن‌ها به‌دست آمد (به‌ترتیب ۲۲۳۴/۵ و ۱۵۴۹/۴ کیلوگرم در هکتار؛ شکل 1:D).



شکل ۲- وزن۱۰۰دانه (A) و عملکرد اقتصادی (B) لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاچیتی، لوبیاقرمز و لوبیاسبز در کشت خالص (SC) و کشت مخلوط با خیارسبز (IC)

میانگین‌های دارای حروف مشترک، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ندارند (DMRT p≤0.05).

Fig. 2. 100-seed weight (A) and economic yield (B) of black-eyed pea, pinto bean, kidney bean and green bean in sole culture (SC) and intercropping with cucumber (IC)

The means that share letters, have not significant difference on probability level of five percent (DMRT p≤0.05).

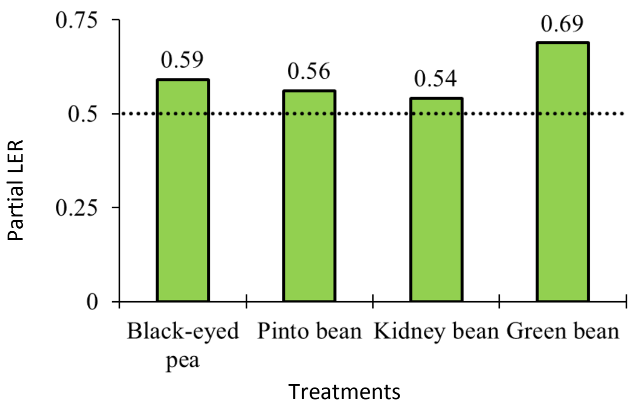
اختلاف عملکرد زیست‌توده در تیمارهای کشت خالص و مخلوط لوبیاچشم‌بلبلی و لوبیاچیتی معنی‌دار بود. اگرچه به نظر می‌رسد تراکم کمتر گیاهان در تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی با خیارسبز نسبت به کشت خالص سبب کسب چنین نتیجه‌ای شده است، اما با این وجود هرچند مقدار عددی عملکرد زیست‌توده در کشت خالص لوبیاقرمز بیشتر بود، اما از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار کشت خالص خود نداشت (شکل ۱:D). با درنظرگرفتن نتایج مربوط به وزن بیشتر شاخساره و وزن بیشتر کل بوته در تیمار کشت مخلوط لوبیاقرمز نسبت به کشت خالص این گیاه، یافته اخیر می‌تواند به معنای جبران تراکم کاسته‌شده در تیمار کشت مخلوط جایگزینی لوبیاقرمز باشد که نشان می‌دهد این گیاه توانسته است ضمن بهره‌مندی بیشتر از منابع قابل دسترس، عملکرد زیست‌توده بیشتری را در واحد سطح ایجاد کند. اثبات شده است که در کشت مخلوط، به‌دلیل ایجاد تنوع در گونه‌ها و نیچ‌ها به‌دلیل ایجاد رابطه مکملی و تسهیل‌کنندگی گونه‌های کشت مخلوط نسبت به هم، تولید زیست‌توده بیشتری تولید می‌شود (Wang *et al.*, 2017).

بیشترین عملکردهای اقتصادی در تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط لوبیاسبز (به‌ترتیب ۸۸۸۴/۳ و ۶۱۹۱/۳ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که با یکدیگر و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشت (شکل ۲:B). دلیل آن را می‌توان عمدتاً به تفاوت بخش اقتصادی لوبیاسبز (که عملکرد اقتصادی آن غلاف‌های سبز گیاه است) و دیگر لوبیاها (که دانه خشک آن‌ها به‌عنوان عملکرد اقتصادی در نظر گرفته می‌شود) ارتباط داد. از بین انواع لوبیاهای دانه‌ای، لوبیاچشم‌بلبلی در تیمار کشت خالص خود بیشترین عملکرد اقتصادی را داشت که با کشت مخلوط این گیاه با خیارسبز و همچنین دیگر تیمارهای آزمایش اختلاف معنی‌داری داشت. روند مشابهی نیز برای لوبیاچیتی مشاهده شد، به گونه‌ای که بیشترین عملکرد اقتصادی به تیمار کشت خالص این گیاه (۶۸۸/۳ کیلوگرم در هکتار) مربوط بود که با تیمار کشت خالص خود (۳۹۱/۴ کیلوگرم در هکتار) اختلاف معنی‌داری داشت. اما درباره لوبیاقرمز، اگرچه مقادیر بیشتری از این شاخص در تیمارهای کشت خالص ثبت شد، اما اختلاف آن با کشت مخلوط معنی‌دار نبود. یافته‌های Dabbagh Mohammadi Nasab *et al,* (2015) نیز نشان داد که بین تیمارهای کشت خالص و مخلوط

ارقام مختلف لوبیاقرمز با ذرت از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به طوری که عملکرد دانه در تیمارهای کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود. این محققان دلیل یافته‌های خود را افزایش رقابت برون‌گونه‌ای بین دو گونه مخلوط، حساسیت لوبیا به سایه‌اندازی ذرت و تراکم کمتر لوبیاها در تیمارهای کشت مخلوط ذکر کردند. اما در پژوهش حاضر، دلیل عدم اختلاف معنی‌دار بین عملکرد اقتصادی کشت خالص و مخلوط لوبیاقرمز را می‌توان به تفاوت گونه‌های کشت مخلوط نسبت به آزمایش‌های مذکور و عدم ایجاد فشار رقابتی خیارسبز بر گونه‌های لوبیا نسبت داد. با توجه به مشاهدات مزرعه‌ای، بوته‌های خیارسبز با پوشش مناسب زمین رطوبت را به میزان قابل توجهی حفظ می‌کرد که این رطوبت می‌توانسته توسط گونه‌های لوبیا مورد استفاده قرار گیرد.

بررسی شاخص برداشت برای محصولات دانه‌ای حاکی از این بود که بیشترین شاخص برداشت (۳۳/۸۱ درصد) در کشت خالص لوبیاقرمز به‌دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمارهای کشت مخلوط این گیاه با خیارسبز (۳۲/۸۸ درصد)، کشت مخلوط لوبیاچشم‌بلبلی با خیارسبز (۳۲/۳ درصد) و کشت خالص لوبیاچیتی (۳۰/۷۱ درصد) نداشت. کمترین مقدار این شاخص نیز در تیمار کشت مخلوط لوبیاچیتی با خیارسبز ثبت شد (۲۷/۴۷ درصد) که اختلاف معنی‌داری با کشت خالص این گیاه نداشت (جدول ۳). یافته‌های Noorbakhsh *et al*, (2015) مبنی بر عدم تأثیرپذیری نسبت‌های مختلف کشت مخلوط جایگزینی (۱۰۰، ۷۵، ۵۰ و ۲۵ درصد) لوبیاقرمز با یافته‌های این پژوهش هم‌راستا است. به نظر می‌رسد در آزمایش حاضر نسبت تغییرات عملکرد زیست‌توده و اقتصادی در همه انواع لوبیاهای دانه‌ای مورد مطالعه شامل لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاچیتی و لوبیاقرمز یکسان بوده و همین عامل موجب عدم تأثیرپذیری شاخص برداشت این گیاهان در تیمارهای مختلف آزمایش شده است.

نسبت برابری زمین: نتایج محاسبه نسبت برابری زمین جزئی برای شاخص عملکرد اقتصادی برای گیاهان مختلف نشان داد که کشت مخلوط تأثیر سازنده‌ای برای تمامی انواع لوبیا شامل لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاچیتی، لوبیاقرمز و لوبیاسبز داشته است، به طوری که نسبت برابری جزئی زمین این گیاهان به‌ترتیب ۰/۵۹، ۰/۵۶، ۰/۵۴ و ۰/۶۹ بود (شکل ۳) که به معنای سودمندی بیشتر ۱۸، ۱۲، ۸ و ۳۸ درصدی آن‌ها از زمین است (داده‌ها نمایش داده نشده‌اند). پژوهش‌های گوناگون، نتایج مشابهی با یافته‌های مربوط به لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاقرمز و لوبیاسبز را درمورد سویا (Liu *et al.*, 2018)، لوبیاچشم‌بلبلی (Esfahani *et al.*, 2017)، لوبیاقرمز (de Souza Pereira *et al.*, 2015)، لوبیاسبز (Abu-Hussein *et al.*, 2005) گزارش کرده‌اند. در پژوهشی که توسط Fotoohi Chiyaneh *et al*, (2011) انجام شد نیز محققان گزارش کردند که نسبت برابری زمین جزئی برای لوبیاقرمز در کشت مخلوط با ذرت در هنگام اعمال تراکم کاشت ۴۵ بوته در مترمربع برای لوبیاقرمز و ۹ بوته در مترمربع برای ذرت، کمتر از ۰/۵ بود که اگرچه با نتایج لوبیاچیتی در آزمایش حاضر همخوانی ندارد، اما یافته‌های درباره لوبیاچیتی همخوانی دارد. افزایش عملکرد در کشت مخلوط زمانی اتفاق می‌افتد که گونه‌های مخلوط، نیچ‌های اکولوژیک متفاوتی را اشغال کنند و بنابراین کمترین همپوشانی نیچ‌ها و در نتیجه کمترین رقابت بین‌گونه‌ای را داشته باشند (Esfahani *et al.*, 2017).



شکل ۳- نسبت برابری زمین جزئی لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاچیتی، لوبیاقرمز و لوبیاسبز تحت تأثیر کشت مخلوط با خیارسبز

خط نقطه‌چین نشان‌دهنده نسبت گیاهان در تراکم کشت مخلوط و نسبت برابری زمین جزئی است.

Fig. 3. Partial LER of black-eyed pea, pinto bean, kidney bean and green bean affected as intercropping with cucumber

Dotted line indicates the ratio of plants in its density and partial LER.

مقایسه تیمارهای کشت خالص و مخلوط: در پاسخ به این سؤال که آیا به‌طور کلی تیمار کشت مخلوط بهتر از کشت خالص بوده است یا خیر، پس از معادل‌سازی داده‌های عملکرد زیست‌توده و عملکرد اقتصادی کشت خالص نسبت به تراکم لوبیا در کشت مخلوط (۵۰درصد)، مقایسه‌ای گروهی بین تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط انجام شد. از آن‌جا که علاوه بر عملکرد اقتصادی انواع مختلف رشدی لوبیا (دانه و غلاف‌های سبز)، پس از برداشت محصول از کاه و کلش این گیاهان نیز به‌عنوان علوفه دام استفاده می‌شود، علاوه بر عملکرد اقتصادی مورد مطالعه، مقایسه گروهی برای عملکرد زیست‌توده نیز انجام شد. نتایج مقایسه گروهی (جدول ۴) نشان داد که به‌طور کلی، هر دو عملکردهای زیست‌توده و اقتصادی در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. بنابراین با توجه به این نتیجه و همچنین سودمندی کشت‌های مخلوط برای تمامی گیاهان مورد مطالعه، می‌توان پاسخ به سؤال اخیر را چنین داد که در این تحقیق کشت مخلوط سودمندی بیشتر و اختلاف معنی‌داری نسبت به کشت خالص داشته است.

جدول ۴- مقایسه گروهی عملکردهای زیست‌توده و اقتصادی تیمارهای کشت خالص انواع لوبیا در برابر کشت مخلوط جایگزینی آن‌ها با خیارسبز

Table 4. Orthogonal contrast of biomass and economic yields of different types of bean in sole culture versus theirs intercropping treatments with cucumber

مقایسات Comparisons	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares	
		عملکرد زیست‌توده Biomass yield	عملکرد اقتصادی Economic yield
کشت خالص در برابر کشت مخلوط Sole culture vs intercropping	1	24000680.1**	8265200.8**
P-value		0.001<	0.001<

** به معنای معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد است.

**: Significant at probability level of one percent.

نتیجه‌گیری

به‌کارگیری کشت مخلوط از جمله راهکارهای مؤثر استفاده پایدار و بهینه‌تر از منابع اکولوژیک است. بر اساس یافته های تحقیق حاضر، اگرچه کشت مخلوط انواع مختلف لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاچیتی و لوبیاقرمز با خیارسبز سبب تغییری در تعداد شاخه‌های جانبی این گیاه نشد، اما با توجه به بهبود و افزایش شاخص‌های دیگر مورد مطالعه در تیمارهای کشت مخلوط از جمله تعداد و وزن غلاف و دانه در بوته که از جمله مهم‌ترین اجزای عملکرد بیولوژیک و اقتصادی لوبیا هستند، می توان چنین نتیجه گرفت که کشت مخلوط سبب بهبود رشد گیاهان مورد مطالعه شد و با این‌که عملکرد بیولوژیک این گیاهان و عملکرد اقتصادی لوبیاهای چشم‌بلبلی، چیتی، قرمز و سبز در تیمارهای کشت مخلوط جایگزینی به‌دلیل کمتربودن تراکم کشت، کمتر از تیمارهای کشت خالص بود، اما با توجه به شاخص نسبت برابری جزئی لوبیاها و همچنین مقایسه گروهی عملکرد زیست‌توده و اقتصادی، کشت مخلوط سودمندی بیشتر و اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمارهای کشت خالص گیاهان مورد مطالعه داشت. از این رو کشت مخلوط تمامی انواع لوبیاچشم‌بلبلی، لوبیاچیتی، لوبیاقرمز و لوبیاسبز به منظور بهره گیری از روابط سودمند اکولوژیکی برای فشرده‌سازی پایدار تولید غذا پیشنهاد می‌شود.

سپاسگزاری

بودجه این طرح از محل اعتبار طرح پژوهه شماره ۴۰۵۵۲ مورخ ۱۳۹۵/۲/۷ توسط معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده که بدین وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1. Abou-Hussein, S.D., Salman, S.R., Abdel-Mawgoud, A.M.R., and Ghoname, A.A. 2005. Productivity, quality and profit of sole or intercropped green bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop. Journal of Agronomy 4(2): 151-155.
2. Altieri, M. A. 2018. Agroecology: The Science of Sustainable Agriculture. CRC Press.

3. Asadi, G.A., Khorramdel, S., and Hatefi Farajian, M.H. 2016. The effects of row intercropping ratios of chickpea and saffron on their quantitative characteristics and yield. Saffron Agronomy & Technology 4(2): 93-104. (In Persian with English Summary).
4. Asadi, G.A., Khorramdel, S., Shahriari Ahmadi, R., Ranjbar, F., and Aghhavani Shajari, M. 2017. Effect of replacement intercropping ratios of sweet corn with bean varieties on yield and yield components. Iranian Journal of Pulses Researches 2: 192-204. (In Persian with English Summary).
5. Awal, M.A., Koshi, H., and Ikeda, T. 2006. Radiation interception and use by maize/peanut intercrop canopy. Agriculture and Forest Meteorology 139: 74-83.
6. De Souza Pereira, F., Teixeira, I.R., Pelá, A., dos Reis, E.F., da Silva, G.C., Timossi, P.C., and da Silva, A.G. 2015. Agronomic performance of kidney bean and castor bean cultivars in intercropping and monocropping systems under weed competition. Australian Journal of Crop Science 9(7): 614-620.
7. Esfahani, A.R., Amir Shekari, H., Zand, B., and Fotookian, M.H. 2017. Effect of plant density and arrangement on corn (*Zea mays* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) row intercropping. Agriculture Researches in Desert Borders 14(1): 13-22. (In Persian with English Summary).
8. Fotoohi Chiyaneh, S., Javanshir, A., Dabbagh Mohammad Nasab, A., Zand, E., Razavi, F., and Rezaee Chiyaneh, E. 2012. The effect of different swing densities of corn (*Zea mays* L.) and red bean (*Phaseoulus vulgaris* L.) on the yield of the two crops and biomass on weed. Journal of Agroecology 4(2): 131-143. (In Persian with English Summary).
9. Fujiyushi, P.T. 1998. Mechanisms of weed suppression by squash intercropped in corn. Ph.D. Thesis, University of California Santa Cruz, USA.
10. Ghimire, Y.N., Rana, R.B., Ale, S., Poudel, I., and Tamang, B.B. 2017. Use of agrobiodiversity and crop management practices for climate change adaptation in high hill agriculture of Nepal. Journal of Agriculture and Environment 18: 6-14.
11. Hossein Pour, A., Khalili Mahalleh, J., Zeinalzadeh Tabrizi, H., and Valilue, R. 2016. Evaluation of yield and yield components in intercropping of maize and green bean. Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences 26(1): 68-78.
12. Kamali, M., and Edalat, M. 2017. The effect of weed interference, sowing date and method on phenology, growth, protein and yield of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Crop Production and Processing 7(3): 47-61. (In Persian with English Summary).
13. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Boroomand Rezazadeh, Z., Jahani, M., and Jafari, L. 2014. Evaluation of yield of blackseed (*Nigella sativa* L.) in intercropping with chickpea (*Cicer arientinum* L.) and bean (*Phaseoulus vulgaris* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 1-8. (In Persian with English Summary).
14. Lak, M., Dorri, H., and Farahani, L. 2013. The effect of weed interference on yield and yield components of bean. Journal of Weed Knowledge 9: 65-78. (In Persian with English Summary).
15. Lamei Harvani, J. 2013. Assessment of dry forage and crude protein yields, competition and advantage indices in mixed cropping of annual forage legume crops and barley in rainfed conditions of Zanjan province in Iran. Seed and Plant Production Journal 29: 169-183. (In Persian with English Summary).
16. Lepse, L., Dane, S., Zeipiņa, S., Domínguez-Perles, R., and Rosa, E.A. 2017. Evaluation of vegetable–faba bean (*Vicia faba* L.) intercropping under Latvian agroecological conditions. Journal of the Science of Food and Agriculture 97(13): 4334-4342.
17. Liu, X., Rahman, T., Song, C., Yang, F., Su, B., Cui, L., Bu, W., and Yang, W. 2018. Relationships among light distribution, radiation use efficiency and land equivalent ratio in maize-soybean strip intercropping. Field Crops Research 224: 91-101.
18. Martin-Guay, M.O., Paquette, A., Dupras, J., and Rivest, D. 2018. The new green revolution: sustainable intensification of agriculture by intercropping. Science of the Total Environment 615: 767-772.
19. Moradi, P., Asghari, J., Mohsen Abadi, G.R., and Samiezadeh, H.A. 2016. Effect of sole and intercropping systems on yield and yield component of pinto bean in controlling and no-weeding of weeds. Iranian Journal of Filed Crop Science 47(1): 99-109. (In Persian with English Summary).
20. Moreira, S.L., Pires, C.V., Marcatti, G.E., Santos, R.H., Imbuzeiro, H.M., and Fernandes, R.B. 2018. Intercropping of coffee with the palm tree, macauba, can mitigate climate change effects. Agricultural and Forest Meteorology 256: 379-390.
21. Nakhzari Moghaddam, A., Dehghanpoor Incheboroon, O., and Rahemi Karizaki, A. 2016. The effect of nitrogen levels and different ratios of replacement intercropping series on forage yield and competition indices of barley and green pea. Electronical Journal of Crop Production 1: 199-214. (In Persian with English Summary).

22. Nasrollahzadeh Asl, A., Dabbag Mohammadi Nassab, A., Zehtab Salmasi, S., Mogaddam, M., and Javanshir, A. 2012b. Evaluation of potato and pinto bean intercropping. Journal of Crop Ecophysiology 6(2): 111-126. (In Persian with English Summary).
23. Nasrollahzadeh Asl, Chavoshgoli, A., Valizadegan, E., Valiloo, R., and Nasrollahzadeh Asl, V. 2012a. Evaluation of sunflower (*Helianthus annus* L.) and pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropping based on additive method. Agricultural Science and Sustainable Production 22(2): 79-90. (In Persian with English Summary).
24. Piroozi, B., Hosseini, S.M.B., Mazaheri, D., and Heidari, H. 2014. Evaluation of sowing time and intercropping on vegetative and reproductive traits of bean (*Phaseolus vulgaris*) and biological yield of forage maize (*Zea mays*). Agronomy Journal (Pajouhesh and Sazandegi) 104: 62-68. (In Persian with English Summary).
25. Rafe'ee, M.T. 2016. Evaluation of productivity and use effeciency of light, water and nitrogen in row intercropping patterns of corn (*Zea mays* L.), bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Ph.D. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary).
26. Rafiiolhossaini, M., Salehi, F., and Mazhari, M. 2016. The effect of drought stress intensity and stage on agronomic characteristics of two common bean cultivars. Engineering of Desert Ecosystem 11: 45-56. (In Persian with English Summary).
27. The Effect of different patterns of intercropping on yield and yield components of barley (*Hordeum vulgare*) and lentil (*Lens culinaris*). MSc. Thesis of Agronomy, Tabriz University. (In Persian with English Summary).
28. Tittonell, P. 2014. Ecological intensification of agriculture-sustainable by nature. Current Opinion in Environmental Sustainability 8: 53-61.
29. Wang, G.Z., Li, H.G., Christie, P., Zhang, F.S., Zhang, J.L., and Bever, J.D. 2017. Plant-soil feedback contributes to intercropping over yielding by reducing the negative effect of take-all on wheat and compensating the growth of faba bean. Plant and Soil 415(1-2): 1-12.
30. Ziyaee, H., Pirdashti, H., Zare, S., and Motaghiyan, A. 2015. Evaluation of seed yield and competitive indices in intercropping of grain corn (*Zea mays* L.). Journal of Agroecology 7(1): 52-61. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 11, No. 2, 2020, p. 22-35 (Research Article)

Evaluation of yield indices and LER of different types of bean affected by row intercropping with cucumber

Asadi[1*], Gh., Khorramdel[2], S., Mostafavi[3], M.J. & Hooshmand[4], M.

1. Associate Professor (Weed Science), Member of Agrotechnology Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2. Associate Professor (Crop Ecology), Member of Agrotechnology Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi university of Mashhad; khorramdel@um.ac.ir
3. PhD. Student of Agroecology, Agrotechnology Department, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad; mj.mostafavi@mail.um.ac.ir & hooshmand.mina@mail.um.ac.ir; respectively

Received: 2 September 2018
Accepted: 27 December 2018

DOI: 10.22067/ijpr.v11i2.74732

Introduction

It has been predicted that the population of the world will reach up to 9 billion people until middle of current century so to meet the demands for food, it is necessary to supply more by developing sustainable agriculture and ecological intensification of food production to avoid disadvantages of conventional agriculture. Intercropping is one of the sustainable agriculture strategies that has been proven that causes more use of available resources by intercropped species. It is one of the key strategies of sustainable agriculture because of its efficiency in using of the resources like nitrogen, light and water and improving vulnerability of crops against diseases and pests. Pulses are very valuable for agroecosystems and human health, because of many advantages like high protein content and nutritional values and symbiotic fixation of nitrogen. So, an experiment was conducted in order to study of yield characteristics of black-eyed pea (BEP), the pinto bean (PB), kidney bean (KB) and green bean (GB) as bean ecotypes affected by intercropping with cucumber and partial land equivalent ratio (LER) of the beans.

Materials & Methods

The experiment was held during growing season 2015-16 in the experimental field of Ferdowsi University of Mashhad based on a randomized complete block design (RCBD) with six and eight treatments (for different studied indices) and three replications. Treatments included sole culture of BEP, PB, KB and GB and their 1:1 ratio in replacement intercropping with cucumber. The plots had five 120-cm sized width and 6×3 meter dimensions. The gaps between the plots and the blocks were one and two meters, respectively. The studied indices included the number of sub-branches per plant, stem length, number and weight of seeds per pod, numbers and weights of pods and seeds per plant, shrub and plant [dry] weights, 100-seed weight, biological and economic yields and harvest index for seeds of grain bean ecotypes (including BEP, PB and KB), and for GB, studied indices included the number of seeds per plant, 100-seed weight and economic yield (total weight of harvested green pods per ha). Partial LER of the studied plants was calculated and finally statistical analysis of data and drawing the figures done using SAS v.9.2 and MS Excel 2016 respectively. Duncan's multiple range test (DMRT) also used for comparing the means at probability level of %5.

Results & Discussion

The results showed that except the number of sub-branches per plant, there were significant differences between the treatments for all other studied indices. The highest stem length was recorded in sole culture of BEP that was significantly different compared with other treatments but there was no significant difference between sole culture and intercropping treatments of PB and KB. Competition for interception of light may cause this result for BEP. Number and weight of seeds per pod and numbers and weights of pods and seeds per plant were higher in intercropping treatments of the plants in comparison of their sole culture. Many other studies like results of Noorbakhsh *et al*, (2015) and Khalaf (2016) support our findings. 100-seed weight was different between the plants but no significant difference was observed between intercropping

[*]**Corresponding Author:** asadi@um.ac.ir

and sole culture of each plant. It seems that 100-seed weight is a genetic property that not be affected by intercropping. The biological and economic yield of the bean ecotypes were significantly higher in their sole culture compared with their intercropping due to lower plant density in intercropping but by considering the results of partial LER calculation, it concludes that intercropping was more useful for all studied plants. The highest value of partial LER (0.69) was calculated in GB and the lowest one was recorded to KB. The economic part of GB was its green pods, so its partial LER was higher than another studied plants in comparison of other plants that their seeds form their economic yield. Similar to 100-seed weight, the harvest index was statistically different between the bean ecotypes but it was similar between sole culture and intercropping treatments of each plant because of parallel trends of variations of biological and economic yields of the plants.

Conclusion

Based on the results, intercropping of BEP, PB, KB and GB with cucumber is benefit for ecological intensification of production of the studied pulses. So, it can be suggested as an efficient strategy for sustainable development of food production.

Keywords: Ecological intensification, Green bean, Interspecies competition, Sustainable production, Synergy